

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHYDRAT  
DARI MOLASSES DAN ASAM NITRAT  
KAPASITAS 17.000 TON/TAHUN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan  
Teknik Kimia Fakultas Teknik**

**Oleh :**

**FITRIYANI ARISKA PUTRI**  
**D 500 110 015**

**PROGRAM STUDI JURUSAN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2017**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHYDRAT  
DARI MOLASSES DAN ASAM NITRAT  
KAPASITAS 17.000 TON/TAHUN  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

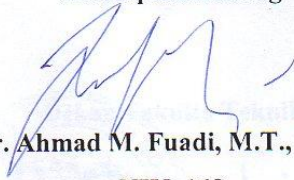
**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh :

**FITRIYANI ARISKA PUTRI**  
**D 500 110 015**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh :

**Dosen pembimbing**

  
**Ir. Ahmad M. Fuadi, M.T., Ph.D.**

**NIK. 168**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHYDRAT**

**DARI MOLASSES DAN ASAM NITRAT**

**KAPASITAS 17.000 TON/TAHUN**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

Oleh :

**FITRIYANI ARISKA PUTRI**

**D 500 110 015**

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Surakarta  
Pada hari Jum'at, 31 Maret 2017  
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

**Dewan Penguji :**

1. Rois Fatoni, S.T., M.Sc., Ph.D.  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Hamid, S.T., M.T.  
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Ir. Ahmad. M. Fuadi, M.T., Ph.D.  
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

**Dekan Fakultas Teknik,**



**Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D.**  
**NIK. 682**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam naskah publikasi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidak benaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, April 2017

Penulis



Fitriyani Arijska Putri  
D 500 110 015

**PRARANCANGAN PABRIK ASAM OKSALAT DIHYDRAT  
DARI MOLASSES DAN ASAM NITRAT  
KAPASITAS 17.000 TON/TAHUN**

**Abstrak**

Di era kemajuan teknologi di berbagai bidang pembangunan yang sedang berjalan pesat, salah satu prospek pembangunan masa depan yaitu membangun pabrik yang mempunyai daya saing dengan produk-produk luar negeri. Salah satunya yaitu dengan membangun pabrik asam oksalat. Asam oksalat termasuk kedalam asam dikarboksilat yang paling sederhana ( $\text{HOOC-COOH}$ ). Perancangan pabrik asam oksalat dihidrat dengan luas area sebesar  $9600 \text{ m}^2$  direncanakan akan dibangun pada tahun 2020 dan berlokasi di Gresik, Jawa Timur. Pabrik ini beroperasi dengan kapasitas 17.000 ton/tahun, dengan pertimbangan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi ketergantungan import. Bahan baku yang digunakan dalam perancangan ini adalah molasses  $727,08397 \text{ kg/jam}$  dan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ )  $1606,13340 \text{ kg/jam}$  dengan bantuan katalis ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  $460,11965 \text{ kg/jam}$  dan ( $\text{V}_2\text{O}_5$ )  $0,04601 \text{ kg/jam}$ . Reaksi ini berlangsung pada fase cair-cair, reversible, eksotermis, dan bersifat nonisothermal dalam reaktor CSTR dengan kondisi operasi suhu  $71^\circ\text{C}$  dan tekanan 1 atm. Untuk menunjang proses produksi, maka perlu didirikan unit pendukung proses atau utilitas yang meliputi unit penyediaan air sebesar  $445.064,654 \text{ kg/jam}$ , listrik yang diperlukan sebesar  $1324,22655 \text{ kW}$ , udara tekan sebesar  $150 \text{ m}^3/\text{jam}$ , dan kebutuhan bahan bakar sebesar  $908,679 \text{ liter/jam}$  serta laboratorium. Dengan jumlah karyawan yang dibutuhkan 115 orang dimana sistem kerja yang terdiri dari karyawan *shift* dan *non-shift*. Dari analisa ekonomi yang dilakukan terhadap pabrik ini dengan modal tetap Rp 95.761.307.111 dan modal kerja pabrik sebesar Rp 64.759.961.590 diperoleh *Return of Investment* (ROI) sebelum pajak yaitu 32,5% dan setelah pajak adalah 24,4%. Sedangkan *Pay Out Time* (POT) sebelum dan sesudah pajak yaitu 2,35 tahun dan 2,91 tahun. *Break Event Point* dan *Shut Down Point* sebesar 42,45% dan 22,96%. Untuk Discounted Cash Flow (DCF) terhitung sebesar 37,64%. Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi maka dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak didirikan.

Kata kunci : Asam Oksalat Dihidrat, Proses Oksidasi Asam Nitrat, CSTR

**Abstract**

In the era of technological advances in various fields of rapid development, one of the future development prospects of building a factory that has competitiveness with overseas products. One of them is by building a plant oxalic acid. Oxalic acid is included in the simplest dicarboxylic acid ( $\text{HOOC-COOH}$ ). The design of oxalic acid dihydrate plant with an area of  $9600 \text{ m}^2$  is planned to be built in 2020 and located in Gresik, East Java. The plant operates with a capacity of 17,000 tons / year, with consideration to meet domestic demand and reduce import dependence. The raw materials used in this design are molasses  $727,08397 \text{ kg / hr}$  and nitric acid ( $\text{HNO}_3$ )  $1606,13340 \text{ kg / hr}$  with the help of catalyst ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ )  $460,11965 \text{ kg / h}$  and ( $\text{V}_2\text{O}_5$ )  $0.04601 \text{ kg / hr}$ . This reaction takes place in the liquid-liquid phase, reversible, exothermic, and nonisothermal in a CSTR reactor with operating conditions of temperature  $71^\circ\text{C}$  and 1 atm pressure. To support the production process, it is necessary to establish a process support unit or utility which includes a water supply unit of  $445,064,654 \text{ kg / hour}$ , the required electricity of  $1324,22655 \text{ kW}$ , compressed air of  $150 \text{ m}^3 / \text{hour}$ , and fuel requirement of  $908,679 \text{ liters / Hr}$  and laboratory. With the number of employees required 115 people where the work system consisting of employees shift and non-shift. From the

economic analysis conducted on this factory with fixed capital Rp 95.761.307.111 and working capital of factory Rp 64.759.961.590 obtained Return of Investment (ROI) before tax is 32,5% and after tax is 24,4%. While Pay Out Time (POT) before and after taxes are 2.35 years and 2.91 years. Break Event Point and Shut Down Point by 42.45% and 22.96%. For Discounted Cash Flow (DCF) accounted for 37.64%. Based on the calculation of economic analysis it can be concluded that this factory worthy established.

Keywords: Dihydrate Oxalic Acid, Oxidation Process of Nitrate Acid, CSTR

## **I PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pembangunan industri kimia yang menghasilkan produk antara lain sangat penting karena dapat mengurangi ketergantungan Indonesia terhadap industri luar negeri, yang pada akhirnya akan dapat mengurangi pengeluaran devisa untuk mengimpor bahan tersebut, termasuk diantaranya asam oksalat. Bahan baku pembuatan asam oksalat ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ ) adalah molasses dan asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ). Asam oksalat termasuk kedalam asam dikarboksilat yang paling sederhana dengan rumus  $\text{HOOC-COOH}$ . Asam oksalat dihidrat mempunyai rumus molekul  $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4\cdot\text{H}_2\text{O}$ . Asam oksalat merupakan bahan kimia intermediat (bahan antara) dalam bahan pencampuran zat warna dalam industri tekstil dan cat, menetralkan kelebihan alkali pada pencucian dan sebagai bleaching. Asam oksalat pada industri logam digunakan sebagai bahan pelapis logam dari kerak. Sedangkan dalam pabrik polimer dipakai sebagai inisiator

### **1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan Pabrik**

Dalam pemilihan kapasitas perancangan pabrik asam oksalat ada beberapa pertimbangan, yaitu prediksi kebutuhan asam oksalat di Indonesia, ketersediaan bahan baku, dan kapasitas pabrik yang sudah digunakan. Pabrik Asam Oksalat *Dihydrate* dari molases dan asam nitrat direncanakan akan didirikan dengan kapasitas 17.000 ton/tahun, dengan pertimbangan sebagai berikut :

- a. Kebutuhan asam oksalat di Indonesia yang setiap tahunnya mengalami kenaikan. Hal ini bisa menjadi peluang untuk mendirikan pabrik asam oksalat di Indonesia.

Tabel 1.1 Data Impor Asam Oksalat

Tahun	Jumlah (kg)
2009	1.183.856
2010	1.498.327
2011	1.321.355
2012	1.438.517
2013	1.469.626

BPS (2009–2013)

- b. Berdasarkan kapasitas pabrik yang sudah berdiri dan jumlah permintaan asam oksalat di dunia dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 1.2 Kapasitas Produksi Industri Asam Oksalat yang Ada

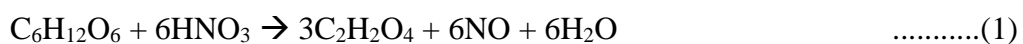
Proses	Company	Lokasi	Kapasitas(ton/tahun)
sodium formate		China	100.000
diakyl oxalate	UBE Industries	Japan	6.000
Propylene	Rhône - Paulenc	France	65.000
ethylene glycol	Mitsubishi Gas Chemical	Japan	12.000
oxidation of carbonhydrates		Brazil, China, Taiwan, India, Korea, and Spain	±1.800

- c. Ketersediaan bahan baku utama asam oksalat yaitu molasses yang mana kebutuhan molasses dipenuhi oleh PTPN X.

## II METODOLOGI

### 2.1 Dasar reaksi

Reaksi oksidasi asam nitrat dengan molasses sebagai berikut:



Reaksi berlangsung dalam reaktor CSTR pada suhu 71°C dan tekanan atmosferis dengan perbandingan mol 1:6. Reaksi bersifat *reversible* , eksotermis, dan nonisothermal. Dalam proses ini dibantu dengan katalis  $\text{V}_2\text{O}_5$  dan  $\text{H}_2\text{SO}_4$ .

## 2.2 Tinjauan Termodinamika

**Tabel 2.1 Data  $\Delta G$  dan  $\Delta H$  masing – masing komponen**

Komponen	$\Delta G^\circ_{289}$ (kKal/mol)	$\Delta H^\circ_f$ (kKal/mol)
C <sub>6</sub> H <sub>12</sub> O <sub>6</sub>	-217.6	-304.7323
HNO <sub>3</sub>	-19.1	-41.6109
C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	-166.81	-197.7055
NO	20.69	21.5703
H <sub>2</sub> O	-56.687	-68.315

(Perry and Green, 1999)

$$\begin{aligned}
 \Delta H_r &= \Delta H^\circ_f \text{ produk} - \Delta H^\circ_f \text{ reaktan} \\
 &= ((3 \times -197,7055) + (6 \times 21,5703) + (6 \times -68,315)) - \\
 &\quad ((-304,7323) + (6 \times -41,5703)) \\
 &= -319,187 \text{ kKal/mol}
 \end{aligned}$$

Dari hasil tersebut dapat diketahui bahwa harga entalphi pembentukan negatif, maka reaksi tersebut bersifat eksotermis.

## 2.3 Langkah-langkah Proses

### a) Tahap persiapan bahan baku

Bahan baku molasses disimpan dalam tangki penyimpanan (F-101). Kapasitas tangki dibuat untuk persiapan persediaan molasses selama 15 hari dengan kondisi operasi pada suhu kamar. Dan jumlah tangki penyimpanan molasses ada 1 buah. Sebelum direaksikan, molasses dihidrolisis terlebih dahulu dalam tangki molasses treatment (R-100) untuk mendapatkan monosakarida (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub>) dan memisahkan impuritasnya. Kemudian campuran C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> dan impuritasnya dipisahkan menggunakan centrifuge (H-110) untuk mendapatkan C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> yang benar-benar bebas dari impuritasnya. C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>O<sub>6</sub> dipompa ke reaktor sebagai umpan.

Bahan baku asam nitrat disimpan dalam tangki penyimpanan (F-122). Kapasitas tangki dibuat untuk persediaan selama 15 hari. Kemudian asam nitrat dipompa ke reaktor sebagai umpan. Selain dari tangki penyimpanan, asam nitrat didapatkan dari *recovery* gas nitrogen monosida yang dihasilkan dari reaksi oksidasi glukosa dengan asam nitrat.

### b) Tahap reaksi pembentukan asam oksalat

Pada proses pembentukan asam oksalat, reaksi berlangsung pada fase cair-cair dengan suhu 71°C dan tekanan 1 atm. Reaksi bersifat *reversible*, eksotermis, dan



*nonisothermal*. Menggunakan jaket pendingin untuk menjaga suhu agar tidak berubah.

c) Tahap Pengkristalan Asam Oksalat

Asam oksalat yang keluar dari reaktor dimasukkan ke *crystalizer* untuk mengkristalkan asam oksalat menjadi asam oksalat dihidrat. Tipe kristalizer yang digunakan adalah *swensons walker crystalizer* dan suhu yang keluar 40°C.

Kemudian campuran asam oksalat *dehydrate* dan cairan induk dipisahkan dengan menggunakan *centrifuge* (H-140). Untuk mendapatkan kemurnian asam oksalat yang tinggi, hasil kristal asam oksalat dicuci dengan air dalam tangki *redissolving* (M-150). Sedangkan cairan induknya dipompa menuju ke tangki *mother liquor* (M-190). Kemudian hasil produk dari tangki *redissolving* dipisahkan dari cairan induknya menggunakan *centrifuge* (H-170). Sedangkan untuk cairan induk dimasukan ke dalam tangki *mother liquor*. Dan dari tangki penampungan, cairan induk dievaporasi untuk mengurangi jumlah air dalam evaporator. Kemudian dikembalikan ke reactor.

d) Tahap Pengeringan

Kristal asam oksalat *dehydrate* ( $C_2H_2O_4.2H_2O$ ) yang keluar dari *centrifuge* 3 (H-170) diumpankan ke *rotary dryer* (B-180) dengan menggunakan *belt conveyor* (J-181) untuk dikeringkan. Pada *rotary dryer* digunakan udara panas suhu 131°C yang telah dipanaskan menggunakan *heat exchanger* (E-186). Udara yang keluar dari *rotary dryer* masih sedikit mengandung asam nitrat, sehingga dimasukan ke unit pengolahan limbah.

e) Tahap Pengemasan Asam Oksalat

Kristal  $C_2H_2O_4.2H_2O$  yang telah kering diangkut menggunakan *bucket elevator* (J-171) kemudian dibawa ke bin produk (F-183). Selanjutnya dilakukan pengemasan di unit pengemasan (gudang).

### III HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 ALAT

##### 3.1.1 REAKTOR

Kode	: R-120
Fungsi	: Mereaksikan glukosa ( $C_6H_{12}O_6$ ) dengan asam nitrat ( $HNO_3$ ) menjadi asam oksalat 894,94799 kg/jam
Jenis alat	: Silinder tegak berpengaduk
Kondisi operasi	: $T = 71^\circ C$ , $P = 1 \text{ atm}$
Dimensi	:
➤ D	: 2,7535 m

➤ H : 4,1335 m  
 Bahan : *Stainless steel SA 167 type 304 grade 3*

### 3.1.2 KRISTALIZER

Kode : S-130  
 Fungsi : Mengkristalkan asam oksalat dihidrat ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) sebanyak 3.877,668 kg/jam  
 Jenis alat : *Swenson Walker Crystalizer*  
 Kondisi operasi :  $T = 40^\circ\text{C}$ ,  $P = 1 \text{ atm}$   
 Dimensi :  
 ➤ D : 4,1807 ft  
 ➤ L : 20 ft  
 Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 240 type 347 grade C*  
 Putaran pengadukan : 7 rpm  
 Power : 1 HP

### 3.1.3 ROTARY DRYER

Kode : B-180  
 Fungsi : Meringkan kristal asam oksalat dihidrat ( $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )  
 Jenis alat : *Rotary dryer counter direct heat single*  
 Kondisi operasi :  $P = 1 \text{ atm}$   
 Dimensi :  
 ➤ P : 12,9278 m  
 ➤ D : 2,097 m  
 Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 240 type 347 grade C*

### 3.1.4 ABSORBER

Kode : D-230  
 Fungsi : Menjerap gas  $\text{NO}_2$  dengan menggunakan air menjadi  $\text{HNO}_3$  sebanyak  
 Kondisi operasi :  $T = 72,32^\circ\text{C}$ ,  $P = 1 \text{ atm}$   
 Diameter : 1 m  
 Tinggi : 6,591 m  
 Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 240 type 410 grade A*

### 3.1.5 MENARA DISTILASI

Kode : D-210  
 Fungsi : Memurnikan asam nitrat yang keluar dari evaporator sebanyak 2045,818 kg/jam  
 Jenis : *Sieve Tray*  
 Spesifikasi :  
 ➤ Diameter bawah : 1,3508 m  
 ➤ Tinggi : 16,969 m  
 Bahan konstruksi : *Stainless steel SA 240 type 347 grade C*

### 3.1.6 EVAPORATOR

Kode : V-200  
 Fungsi : Menguapkan air dan asam nitrat sebanyak 2908,526 kg/jam  
 Kondisi operasi :  $T = 110^\circ\text{C}$ ,  $P = 1 \text{ atm}$   
 Diameter : 8,3043 ft  
 Tinggi : 28,5 ft  
 Bahan konstruksi : *Stainless steel SA type 347 grade C*

### 3.2 UTILITAS

Unit pendukung proses atau biasa disebut dengan unit utilitas merupakan bagian penting yang menunjang kelancaran proses produksi. Dalam perancangan pabrik Asam Oksalat Dihidrat ini, sumber air yang digunakan berasal dari air sungai. Dalam pabrik asam oksalat ini, utilitas yang dibutuhkan antara lain :

- ❖ Unit penyediaan air = 1.365,001 kg/jam
- ❖ Unit penyediaan *steam* = 2.824,7568 kg/jam
- ❖ Unit penyediaan listrik = 1.324,227 kW
- ❖ Unit penyediaan bahan bakar = 1.009,226 L/jam
- ❖ Unit penyediaan udara tekan = 150 m<sup>3</sup>/jam

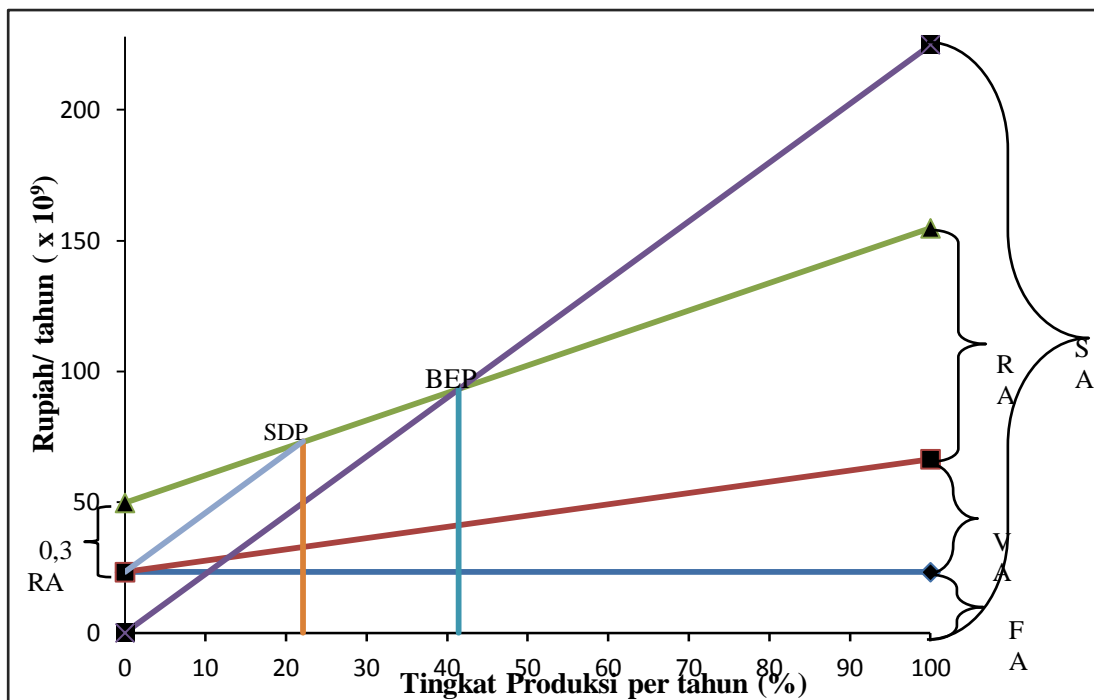
### 3.3 MANAJEMEN PERUSAHAAN

Pabrik asam oksalat dihidrat dari molasses atau tetes tebu dengan molasses yang direncanakan didirikan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan lokasi perusahaan di Gresik, Jawa Timur dengan jumlah karyawan 115 orang yang terbagi atas karyawan *non-shif* dan karyawan *shift*.

### 3.4 ANALISA EKONOMI

Untuk mendapatkan perkiraan tentang kelayakan investasi, besarnya keuntungan, lamanya modal investasi akan kembali dan titik impas dimana total biaya produksi sama dengan keuntungan (tidak rugi tidak untung) maka diperoleh analisa ekonomi. Selain itu, hal tersebut juga dimaksudkan untuk mengetahui pabrik tersebut layak didirikan atau tidak.

Dari analisa ekonomi yang dilakukan terhadap pabrik ini dengan modal tetap Rp 182.905.615.376 dan modal kerja Rp 35.524.369.286 diperoleh *Return of Invesment* (ROI) sebelum pajak yaitu 32,5% dan setelah pajak adalah 24,6%. Sedangkan *Pay Out Time* (POT) sebelum dan sesudah pajak yaitu 2,35 tahun dan 2,91 tahun. *Break Event Point* dan *Shut Down Point* sebesar 42,45% dan 22,96%. Untuk *Discount Cash Flow* (DCF) terhitung sebesar 37,65 %



Gambar 1. Grafik Analisis Kelayakan Ekonomi Pabrik Asam Oksalat Dihidrat dari Asam Nitrat dan Molasses

#### IV PENUTUPAN

##### Kesimpulan

Pabrik Asam Oksalat Dihidrat digolongkan pabrik beresiko rendah. Karena beroperasi pada tekanan atmosferik. Hasil kelayakan ekonomi ditunjukkan dalam tabel berikut ini :

Tabel 3. Analisa Kelayakan Ekonomi

Keterangan	Perhitungan	Batasan
1. <i>Persen Return on Investment</i>		
ROI sebelum pajak	32,5 %	Min 11%
ROI sesudah pajak	24,6 %	
2. <i>Pay Out Time</i>		
POT sebelum pajak	2,35 tahun	Maks 5 tahun
POT sesudah pajak	2,91 tahun	
3. Break Even Point	42,45 %	40-60%
4. Shut Down Point	22,96 %	20-30%
5. Discounted Cash Flow	37,65 %	Min 10% (kredit)
		Min 7 % (deposito)

Jadi pabrik asam oksalat dihidrat layak dan sangat menarik untuk didirikan

## DAFTAR PUSTAKA

- BPS, 2014, “Badan Pusat Statistik Ekspor dan Impor”, <http://www.bps.go.id/allnewtemplate.php>. Diakses pada 15 Juni 2015 pukul 11.00 WIB
- Brownell, L.E., and Young, E.H., 1979, “*Process Engineering Design*”, 3<sup>rd</sup>ed, Willey Eastern Ltd. New Delhi.
- Kirk, R.E., and Othmer, D.F., 1994, “*Encyclopedia of Chemical Technology*” 3<sup>rd</sup> ed., Vol.19, Interscience Publishing Inc., New York.
- Levenspiel, O., 1976, “*Chemical Reaction Engineering*”, 2<sup>sd</sup> ed., John Willey and Sons Inc., New York.
- Matches, 2014, “Matche’s Process Equipment Cost Estimates”, <http://www.matche.com/equipcost/Default.html>, Diakses pada 3 Febuari 2016 pada pukul 10.00 WIB
- Perry, R.H., and Green, D., 1999, “*Perry’s Chemical Engineering Hand Book*”, 7<sup>th</sup> ed., Mc Graw Hill Book Company Inc., New York.
- Subagyo, S., 1986, “Manajemen Perusahaan Indonesia”, Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.
- Syukron, A., 2010, “Pengantar Manajemen Industri”, Graha Ilmu, Jakarta
- Ulrich, G.D., 1984, “*A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economic*”, John Willey and Sons Inc., Canada.
- Yaws, C.L., 1999, “*Chemical Properties Handbook*”, Mc Graw Hill Inc., New York.